

UTILIZAÇÃO DE INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS DO MSS-LANDSAT PARA ESTUDOS DE STRESS DE VEGETAÇÃO, CAUSADO PELA DRENAGEM ÁCIDA DE DEPÓSITOS DE REJEITOS DE CARVÃO, NA REGIÃO DE TUBARÃO, ESTADO DE SANTA CATARINA, BRASIL

D. de M. Valeriano e H. J. H. Kux

Instituto de Pesquisas Espaciais

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Caixa Postal 515, 12200 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

Dentro de um ecossistema estuarino-lagunar, a vegetação de banhado possui um papel fundamental na ciclagem de nutrientes, especialmente na do carbono. Na planície costeira próximo à foz do rio Tubarão, esta formação vegetal está sofrendo um grande impacto devido a alterações no seu ambiente, tais como: construção de drenos e diques, retificação do canal do rio Tubarão e fechamento de seus canais secundários. Além disto, a drenagem ácida proveniente do depósito de rejeitos piritosos e de outras atividades carvoeiras, na vila de Capivari, distrito de Tubarão, altera profundamente as condições químicas da água fornecida a esta vegetação. Esta é uma abordagem preliminar ao uso de dados do MSS-LANDSAT para o estudo e monitoramento deste tipo de vegetação. Os resultados obtidos demonstram que é possível o mapeamento da vegetação do banhado e de outras coberturas vegetais existentes na região, porém, a discriminação entre as vegetações estressadas pela drenagem ácida e as saudáveis não foi possível, utilizando-se dados de abril de 1978.

ABSTRACT

The salt-marsh communities play an important role within a lagoonal-estuarine ecosystem, specially when considering the carbon cycle. In the coastal plain near the mouth of Tubarão river, this vegetation type is undergoing a heavy impact caused by changes in its environment, such as drainings, ditchings, corrections of the Tubarão river channel, and thus closing of its secondary channels. Besides that, the acid drainage which comes from a coal refuse deposit and other coal related activities at the Capivari village, near Tubarão, is radically modifying the chemical characteristics of the water available to these communities. This study is a first approach to the use of MSS-LANDSAT data for assessing and monitoring this vegetation type in Brazil. The results obtained demonstrate that the mapping of salt marshes and other nearby communities is feasible; however, the discrimination of acid stressed vegetations against the healthy ones was not possible, using data from April/1978.

1. INTRODUÇÃO

O banhado é ocupado por uma vegetação graminóide que se desenvolve nas planícies de maré, onde haja uma proteção contra a ação mecânica das ondas. Assim, ele ocorre em fundo de baías, margens de lagoas e estuários, até onde a ação da maré se faz presente. Quando na presença de manguezais, o banhado fica restrito a uma estreita faixa à frente desta vegetação (Adaime, 1978). Como o manguezal requer temperaturas tropicais, sua ocorrência na costa brasileira estende-se do Norte até a altura de Florianópolis, S.C., ficando estes habitats ao sul desta cidade livres para a instalação do banhado.

O solo no qual a vegetação de banhado se desenvolve é formado por siltes e areias finas, com um grande acúmulo de matéria orgânica, que formam turfas com condições extremamente redutoras (McCaffrey and Thomson, 1980).

Devido ao fato de este ambiente apresentar condições extremas de salinidade e acidez do solo para as fanerógamas, ele é colonizado por poucos gêneros cosmopolitas, sendo os mais comuns: *Spartina*, *Juncus*, *Salicornia*, *Phragmites*, *Typha* e outras. Por conveniência, o banhado é classificado em dois tipos: baixo, emerso somente nas marés mais baixas e geralmente ocupado por *Spartina alterniflora*, *Sagittaria* sp., etc; e alto, atingido apenas pe

las altas marés, colonizado por *Spartina patens*, *Typha* sp e *Salicornia* sp nas depressões salgadas, e também com ocorrência de espécies intermediárias (Biot, 1965).

A produtividade da vegetação de banhado é a mais alta, ao lado da floresta tropical, apresentando valores médios de 2000 g/m²/ano (Lieth, 1975). Alguns trabalhos atestam estes dados, como, por exemplo, os que seguem White et alii (1978) que mediram uma produtividade de 2895 g/m²/ano num "stand" de *Spartina alterniflora*. Cruz and Hackney (1977) avaliaram em 1360 g/m²/ano a produtividade de raízes de uma comunidade de *Juncus roemerianus*. A produtividade aérea encontrada por Hopkinson and Gosselink (1978) foi: 3237 g/m²/ano para *Distichlis spicata*; 3416 g/m²/ano para *Juncus roemerianus* e 2658 g/m²/ano para *Spartina alterniflora*. Adaime (1978) analisando a variação sazonal do "standing crop" de um banco de *Spartina alterniflora* em Cananéia, S.P., observou que o pico da produção ocorre em março com 816±187 g/m², e o mínimo em julho com 166±33 g/m², sendo que a deposição de matéria morta se mantém constante durante o ano. Segundo Odum and Cruz (1967) as folhas mortas ao serem depositadas no solo são fragmentadas in loco e, quando as partículas atingem cerca de 0,05 mm, elas ficam em suspensão na água e disponíveis para os organismos filtradores, entrando assim na cadeia alimentar do ecossistema estuarino-lagunar.

Dos resultados apresentados por estes autores, pode-se perceber a importância do papel que estas comunidades desempenham no ciclo do carbono para este ecossistema.

O banhado também possui uma importância estratégica, já que o aspecto anaeróbico de seu solo promove a proliferação de bactérias redutoras de Enxofre (S). Este, na forma de sulfetos, fixa metais pesados, tais como Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Zinco (Zn) e Ferro (Fe) (Howarth, 1979), os quais geram graves problemas quando entram na cadeia alimentar (McCaffrey and Thomson, 1980).

2. OBJETIVOS

Este trabalho preliminar tem como objetivo discriminar as coberturas vegetais estressadas pela drenagem ácida, proveniente das atividades carvoeiras no baixo curso do rio Tubarão, assim como, mapear os complexos vegetais e o uso da terra existentes neste ecossistema estuarino-lagunar, com especial atenção às comunidades de banhado, através da utilização de interpretação automática de dados do MSS-LANDSAT.

3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada no baixo curso do rio Tubarão e abrange parte dos municípios de Tubarão e Laguna. É uma planície costeira, constituída por sedimentos quaternários de origem principalmente fluvial, separada do mar por cordões de restingas, cujos sedimentos são de origem marinha (Guerra, 1950), com ocorrência de alguns afloramentos do Cristalino. A região apresenta diversas lagoas interligadas por canais, sendo que as principais são: Imaruí, Santo Antônio dos Anjos, Ribeirão Grande, Santa Marta, Camacho, Garopaba, Manteiga, Jaguaruna e Encantada. O principal rio dessa planície é o Tubarão, o qual possui ligações, pelo menos indiretas, com todas as lagoas (Figura 1).

A cobertura vegetal, excluindo-se a dos afloramentos rochosos, é composta de vegetação de banhado, com as suas duas fases bem caracterizadas. Em vários lugares da planície, o regime hídrico foi alterado por drenagens e endicamentos, e a vegetação original foi substituída por pastagens, arrozais ou outras culturas de menor importância.

O banhado da Estiva dos Pregos (Figura 1) foi utilizado como área de deposição de rejeitos piritosos de carvão, originários do Lavador de Capivari (distrito de Tubarão). Este lavador faz o beneficiamento final do carvão produzido pelas regiões mineradoras de Santa Catarina. O depósito de rejeitos piritosos tem aproximadamente 2 km de extensão e sua largura média é de 300 metros, sendo o seu efeito sobre o banhado percebido por vasta extensão de solo desnudo, coberto por óxido de ferro (originário da decomposição da pirita, FeS₂) e pela vegetação morta ou estressada pela drenagem ácida decorrente da decomposição da pirita.

Na vila de Capivari também existe um depósito de carvão, cujo material lixiviado é carregado pelas chuvas para o banhado. A bacia de decantação de finos de carvão do Lavador de Capivari fornece águas ácidas ao rio Capivari, afluente do Tubarão. A usina termoeletrica Jorge Lacerda além de poluir termicamente o rio Capivari, também possui uma bacia de decantação de cinzas, cuja drenagem, além de ácida, leva consigo diversos metais pesados (Figura 1).

Como este trabalho foi realizado a partir de dados do MSS-LANDSAT e de fotografias aéreas, ambos para o ano de 1978, os fatos citados acima eram os principais problemas da região. Posterior a esta época, o canal do rio Tubarão foi retificado, e as suas saídas se

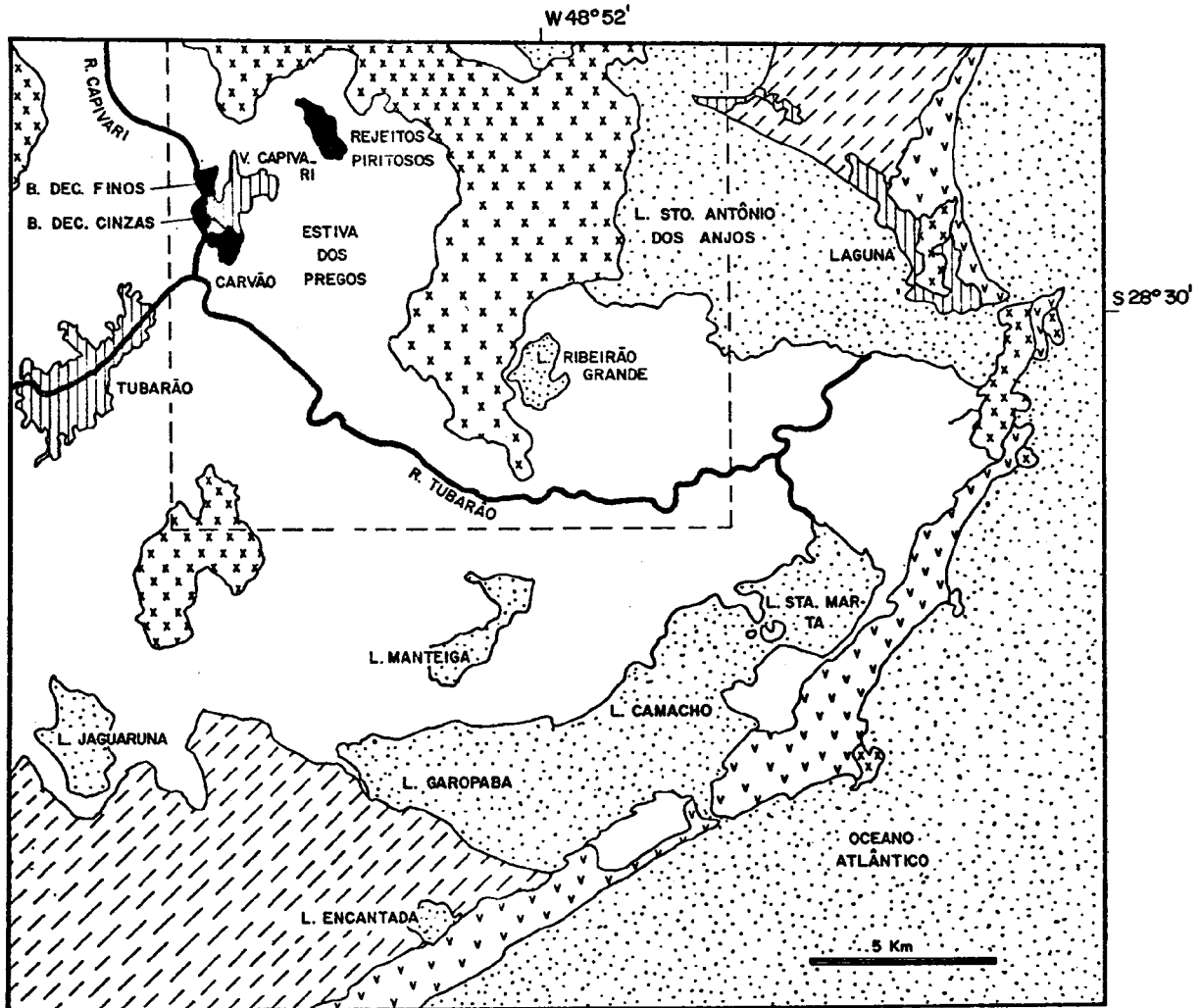


Fig. 1 - Área de estudo com a localização da área-piloto.

cundárias fechadas, alterando radicalmente o regime hídrico da área. Além disso, um Concentrador de Pirita foi instalado próximo ao depósito de rejeitos piritosos do banhado da Estiva dos Pregos, para fornecer pirita ao Complexo Carboquímico de Imbituba.

Esta atividade, além de revolver e reativar o depósito de rejeitos piritosos, também produz finos de carvão, tornando-se outra fonte de poluição para o banhado.

Pode-se notar que a vegetação de banhado, apesar de resistente, está sendo gravemente agredida, com consequências já notadas na baixa produção de camarões na lagoa de Santo Antônio, e na queda de produtividade das cooperativas pecuárias que exploram o banhado (comunicação pessoal com técnicos da FATMA e da prefeitura de Tubarão, em 1981).

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Diversos trabalhos foram feitos utilizando-se técnicas de sensoriamento remoto para analisar vegetações de áreas alagadas, em especial a do banhado. Estas técnicas têm potencial para fornecer dados sobre a composição, estrutura, dinâmica e produtividade dos ecossistemas (principalmente de suas fitocenososes), além de observar o estado da biosfera quanto às condições naturais e aos efeitos antrópicos (Vinogradov, 1977).

O material mais utilizado para o estudo deste tipo de vegetação é a fotografia aérea. Reimold et alii (1973) identificaram 4 classes de *Spartina sp* associando as características de reflectância à biomassa, utilizando fotografias aéreas coloridas infravermelhas (CIR), na escala 1:40000, e dados de campo. Seher and Tueller (1973) realizaram a importância do sensoriamento remoto para o mapeamento de vegetação de áreas alagadas, as quais são de difícil acesso, e estabeleceram a melhor época do ano (no máximo de desenvolvimento vegetativo) e o horário (de manhã, para evitar reflexão d'água) para a aquisição de informações. Gammon e Carter (1979), utilizando fotografias aéreas CIR, conseguiram identificar 16 classes de cobertura vegetal a partir de dados de diversas épocas do ano, aproveitando as diferenças fenológicas das comunidades vegetais.

Howlan (1980), analisando composições coloridas de fotografias aéreas multiespectrais num "Color Additive Viewer" (I²S), concluiu que a composição colorida infravermelha fornece o melhor resultado para a discriminação das comunidades vegetais.

Sweet et alii (1980) conseguiram discriminar 6 classes de vegetação costeira (1 de

banhado), analisando dados do MSS-LANDSAT com um analisador de imagens multiespectrais, Image-100 (I-100). Byrne et alii (1981) analisaram dados do Heat Capacity Mapping Mission (HCMM), obtidos nas faixas espectrais do visível e do infravermelho termal, e os resultados obtidos forneceram dados sobre as condições vegetais e suas respectivas condições hidrológicas.

5. MATERIAIS

No desenvolvimento do trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Fotografias aéreas infravermelhas coloridas (CIR), na escala de 1:45000, obtidas em setembro de 1978.
- Fita compatível com o computador (CCT), com dados do MSS-LANDSAT, órbita/ponto 178/32 de 24 de abril de 1978.
- Analisador Interativo de Imagens Multiespectrais, Image-100 (I-100).

6. MÉTODOS

A metodologia utilizada na realização do trabalho foi dividida em 2 etapas: análise das fotografias aéreas e análise dos dados do MSS-LANDSAT.

6.1 - ANÁLISE DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS

As fotografias aéreas CIR foram interpretadas visualmente e destas 23 classes foram identificadas. A legenda de uso da terra foi organizada em 2 níveis, adaptada daquela proposta por Anderson et alii (1976).

6.2 - ANÁLISE DOS DADOS DO MSS-LANDSAT

6.2.1 - Pré-processamento

Para amenizar os efeitos atmosféricos causados pelo retroespalhamento da radiação solar e pela reflexão por parte do terreno da radiação difusa, desenvolveu-se o procedimento que se segue, baseado numa comunicação pessoal com R.P. Lyon, em 1981.

Foram calculadas as médias para os canais 4, 5 e 6 dos "pixels" localizados em áreas de sombra de relevo, cujos valores para o canal 7 são inferiores a 1. Estas médias foram subtraídas dos respectivos canais em toda a imagem.

O efeito de bandeamento, originado das diferenças de sensibilidade entre os sensores de um mesmo canal do MSS-LANDSAT, foi eliminado utilizando-se o programa de correção radiométrica descrito em Dutra et alii (no prelo).

6.2.2 - Interpretação dos dados

Inicialmente, uma área-piloto foi ampliada para a escala de 1:50000 na tela do I-100, englobando a vila Capivari, o banhado da Estiva dos Pregos, o afloramento rochoso do Morro Grande, a margem sul da lagoa Santo Antônio e o canal do Tubarão, próximo à sua foz (Figura 1). Esta área acompanha todo o trajeto percorrido pela drenagem ácida proveniente da vila Capivari e do depósito de rejeitos piritosos.

A área-piloto foi classificada através de procedimento não-supervisionado numa primeira abordagem, visando a sua estratificação em áreas espectralmente semelhantes. O algoritmo utilizado na determinação das classes espectrais foi o programa MÉDIA K (Dutra et alii 1982, no prelo), e a classificação da tela foi feita através de um sistema de decisão por máxima verossimilhança, programa MAXVER (Velasco et alii 1978). Ambos os programas foram aplicados sobre os canais 5 e 7 do MSS-LANDSAT, com as resoluções reduzidas para 64 níveis, a fim de que toda a tela pudesse ser utilizada como dado inicial para os programas.

Com base na classificação não-supervisionada e utilizando as fotografias aéreas como verdade terrestre, foram extraídas áreas de treinamento das principais classes funcionais presentes na área-piloto, com dados dos 4 canais do MSS-LANDSAT para serem utilizadas na classificação supervisionada. Após um processo interativo, estas áreas de treinamento foram otimizadas até que a classificação da área-piloto atingisse um desempenho visualmente compatível com os dados das fotografias aéreas.

Todo o processo supervisionado foi baseado no algoritmo MAXVER, instalado no I-100 por Velasco et alii (1978).

Em seguida, a área de estudo foi ampliada para a escala de 1:100000 na tela do I-100, abrangendo as cidades de Tubarão e Laguna, todo o complexo da foz do rio Tubarão e pequenas áreas de sedimentos marinhos a norte de Laguna e ao sul da lagoa de Garopaba (Figura 1).

Esta área de estudo foi classificada de acordo com os parâmetros das classes obtidas na área-piloto. Um novo processo interativo foi realizado para a otimização de amostras até obter a classificação final.

7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As classes de uso da terra e cobertura do solo, obtidas através da interpretação das

fotografias aéreas, foram agrupadas em 2 níveis: o primeiro compatível com as classes potencialmente obtíveis com dados do MSS-LANDSAT, e o segundo que atinge um grau de detalhamento mais facilmente observável com o uso de fotografias aéreas. A legenda proposta foi adaptada daquela apresentada por Anderson et alii (1976):

nível I	nível II
1) área urbana	11 - residencial 12 - industrial
2) carvão e afins	21 - depósito de rejeitos piritosos 22 - depósito de carvão vapor 23 - bacia de decantação de finos de carvão 24 - bacia de decantação de cinzas
3) área agrícola	31 - arroz 32 - outras
4) pastagem	41 - pastagem drenada 42 - pastagem úmida 43 - pastagem estressada
5) floresta	51 - natural 52 - reflorestamento
6) banhado	61 - banhado alto 62 - banhado baixo 63 - banhado alto estressado 64 - banhado baixo estressado
7) água	71 - oceânica 72 - lagunas 73 - rios e canais de drenagem
8) solo exposto	81 - praias e dunas 82 - solo argiloso arado 83 - solo arenoso arado.

A análise das fotografias aéreas CIR foi feita utilizando-se técnicas convencionais de interpretação visual, e as classes caracterizadas através de aspectos de tonalidade, textura, padrão e contexto. Esta fase foi auxiliada por um trabalho de campo com fins de re conhecimento das classes de uso da terra existentes na região, realizado em agosto de 1981.

A identificação de classes de vegetação estressada foi feita para auxiliar a interpretação automática. Estas classes foram caracterizadas sem grandes problemas na fase visual. Este fato é devido, provavelmente, à época da tomada das fotografias aéreas no fim da estação seca, a qual acentua os efeitos da drenagem ácida. As demais classes foram criadas com o intuito de avaliar o potencial dos dados do MSS-LANDSAT no estudo deste tipo de ambiente.

As médias dos canais 4, 5 e 6 dos "pixels" situados em áreas de sombra foram, respectivamente, 12, 4 e 3, e a subtração destes valores dos correspondentes canais melhorou sensivelmente o aspecto visual da imagem. A correção radiométrica eliminou o efeito de bandeamento dos canais 4, 5 e 6, porém, não conseguiu eliminar totalmente este efeito no canal 7. Este procedimento causou também uma perda de contraste na imagem.

A classificação não-supervisionada permitiu uma avaliação imediata da separabilidade das classes funcionais. Ela também serviu para a localização das amostras de treinamento, as quais foram escolhidas apenas onde a classe funcional estava atribuída a uma só classe espectral não-supervisionada, evitando-se, assim, a extração de amostras com distribuições esparsas ou multimodais.

A fase supervisionada da classificação passou inicialmente por uma etapa de subdivisão das classes não-supervisionadas, sendo determinadas 18 classes funcionais, a maioria delas situada no nível 2 do sistema de classificação estabelecido. Este procedimento gerou uma excessiva fragmentação da área-piloto, visualmente muito confusa, não correspondendo a verdade terrestre. Em seguida, as classes foram reagrupadas em classes correspondentes ao nível 1 do sistema de classificação, e apenas as classes vegetação de banhado alto e baixo, cuja separação foi conseguida na primeira etapa supervisionada, foram mantidas.

A discriminação entre os tipos de vegetação estressados pela drenagem ácida e as correspondentes vegetações saudáveis não foi possível ser realizada com os dados do MSS-LANDSAT disponíveis e com a metodologia de classificação utilizada. Os tipos de banhados sob stress foram classificados como banhado baixo, e a pastagem estressada, dependendo da intensidade do stress, foi classificada como pastagem ou solo exposto.

Este fato poderia ser explicado devido à época da passagem do satélite (abril), a qual corresponde ao fim da estação das chuvas, o que, além de diluir os efeitos da aci-

dez, promove uma resposta de fundo por parte da água, em quase todas as classes.

O desempenho das classes foi avaliado pela comparação visual da classificação dos dados MSS-LANDSAT e as fotografias aéreas. Uma avaliação, estatística da precisão da classificação está ainda em andamento. A Tabela 1 apresenta o desempenho das amostras, o que dá uma idéia da caracterização das classes. Segue-se abaixo uma listagem das classes com os respectivos desempenhos obtidos a partir da comparação visual (Figura 2):

- 1) *Carvão e afins (CARVÃO)*: foram identificados o depósito de rejeitos piritosos do banhado da Estiva dos Pregos, o depósito de carvão vapor e a bacia de decantação de finos de carvão em Capivari, e foi omitida a bacia de decantação de cinzas da usina Jorge Lacerda. Além disso, nesta classe, foram incluídas áreas das bordas das lagoas.
- 2) *Área Urbana (A. URB.)*: foram bem classificadas as cidades de Tubarão, Laguna, vila de Capivari e alguns pequenos vilarejos. Algumas áreas de solo exposto, tanto argiloso quanto arenoso, foram classificadas nesta classe. Este problema tem sido encontrado em outros trabalhos, tais como, Niero (1977), Novo (1979) e Foresti (1978).
- 3) *Solo exposto*: na realidade é a representação de duas classes (argiloso, SOLOEXP1 e arenoso, SOLOEXP2) sob um só tema. Foram omitidos diversos pontos, os quais foram classificados como área urbana.
- 4) *Floresta (CAPOEIRA)*: de pouca representação devido à baixa incidência deste tipo de cobertura do solo na região. Porém, a distribuição desta classe corresponde à observada visualmente nas fotografias aéreas. Apenas as áreas com cobertura florestal, situadas nas encostas opostas à direção do sol, foram omitidas e classificadas como sombra.
- 5) *Pastagem (PASTO)*: nesta classe foram mapeados os 3 tipos de pastagens, estabelecidos no nível II do sistema de classificação citado, assim como as áreas de cultivo de arroz.
- 6) *Banhado alto (HIDROF.)*: igualmente bem caracterizado, ocupa os espaços intermediários entre as pastagens e o banhado baixo.
- 7) *Banhado baixo (HIDROF.)*: localizado em torno das lagoas e nas depressões úmidas existentes na planície costeira.
- 8) *Água (ÁGUA)*: perfeita caracterização dos corpos d'água (exceto rios e canais), tan-

TABELA 1

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS DE TREINAMENTO

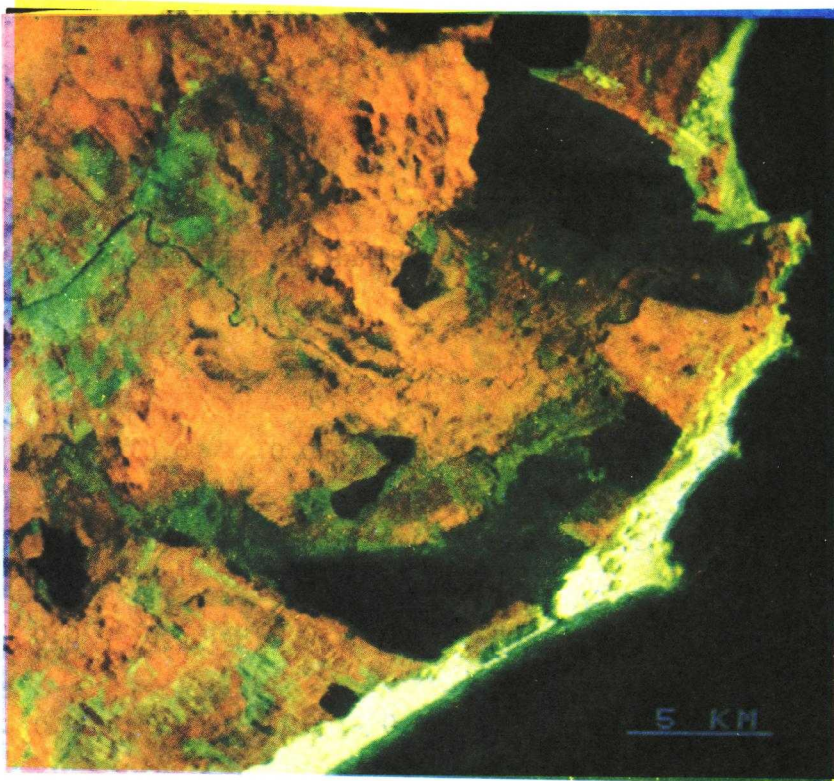
	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CARVÃO	3.6	92.9	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2. HIDROF	0.0	0.0	96.9	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3. HIGROF	0.0	0.0	4.0	87.1	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4. PASTO	0.0	0.0	0.0	3.8	96.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5. ÁGUA	0.0	0.6	4.3	0.0	0.0	95.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
6. A.URB	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	94.8	3.4	0.9	0.0	0.0
7. SOLOEXP1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
8. SOLOEXP2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	91.7	0.0	0.0
9. CAPOEIRA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
10. SOMBRA	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.0

LIMIAR = 5.00

DESEMPENHO MÉDIO DM = 94.4%

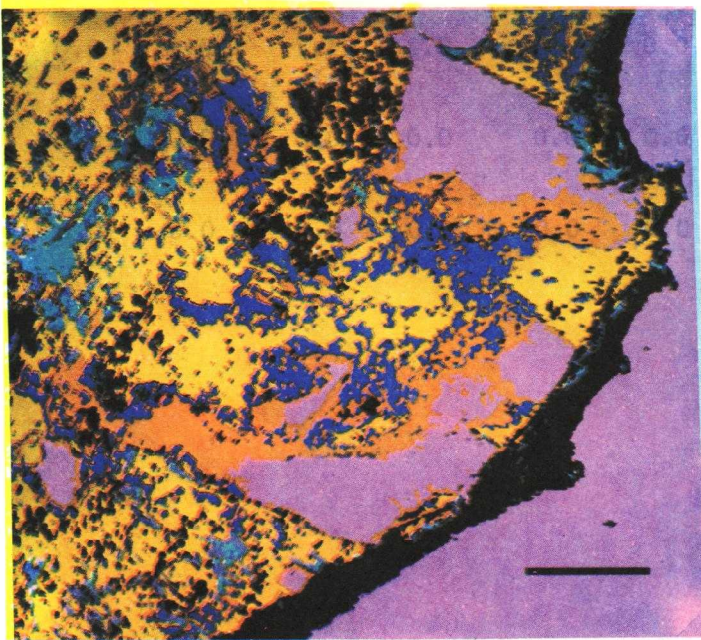
ABSTENÇÃO MÉDIA AM = 0.1%

CONFUSÃO MÉDIA CM = 5.5%



(a)

- marron carvão e afins
- azul turquesa área urbana
- roxo solo exposto
- branco floresta
- amarelo pastagem
- azul escuro banhado alto
- laranja banhado baixo
- púrpura água



(b)

Fig. 2 - (a) Composição colorida da área de estudo e (b) classificação temática da área de estudo com uniformização de temas.

to no que se refere ao traçado das bordas, quanto à homogeneidade da área classificada.

- 8) *Sombra* (SOMBRA): uma classe artificial, criada para evitar a incidência de classes da baixada costeira (vegetação de banhado alto e baixo) sobre os afloramentos rochosos. A semelhança espectral entre as áreas sombreadas e as áreas com excesso de umidade já havia sido notada na classificação não-supervisionada e, para contornar este problema, foi criada esta classe artificial, sendo que na classificação final esta classe não foi apresentada.

As classes de uso da terra identificadas atingiram um nível de detalhamento compatível com aquele que Anderson et alii (1976) estabeleceram como possível de ser obtido através de dados do MSS-LANDSAT. Os usos da terra urbano foram aglutinados numa só classe e os usos agrícolas representados pela classe pastagem (obviamente sem levar em conta a classe solo exposto, cuja intenção agrícola é observável, sem se poder determinar que tipo de cultura será instalado nestas áreas).

As classes de cobertura do solo, ou seja, aquelas cuja cobertura vegetal não é fruto do trabalho humano, ou aquelas ocupadas de forma não-produtiva, como por exemplo, área de depósitos, alcançaram um nível mais elevado de detalhamento. Este fato é devido ao maior empenho na caracterização destas classes. Isto é notado na discriminação de vegetação de banhado alto e baixo, o que corresponderia ao nível III do sistema de Anderson et alii (1976) (I terras úmidas, II banhado, III banhado alto e baixo). Também, a identificação de áreas ocupadas com depósitos de carvão e afins (rejeitos bacias de decantação, etc) estão além do nível I da escala de Anderson et alii (1976).

8. CONCLUSÕES

Dentro das perspectivas de um trabalho preliminar, este vem demonstrar que os dados do MSS-LANDSAT são úteis para o mapeamento do uso da terra e da cobertura do solo em regiões costeiras, com especial atenção às coberturas de vegetação natural existentes neste ambiente.

Um cuidado na correção dos efeitos atmosféricos e de bandeamento, assim como no método que consistiu numa estratificação da imagem não-supervisionadamente, seguida de uma abordagem supervisionada, provaram dar bons resultados, principalmente no que se refere à escolha das amostras de treinamento e, conseqüente, caracterização das classes.

A discriminação de vegetações estressadas deverá ser possível a partir de uma abordagem multidisciplinar, acompanhada por extenso controle de campo. Com esta metodologia poderá ser possível, através de correlações entre medidas radiométricas e dados de biomassa, quantificar o stress, assim como a sua variação no tempo.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAIME, R.R. Estudo da variação estacional do "standing crop" e do repovoamento em um banco de *spartina alterniflora* Loiseleur, 1807 no complexo estuarino da laguna de Cananéia. *Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo*, 27(2):1-43, 1978.
- ANDERSON, J.R.; HARDY, E.E.; ROACH, J.T.; WITNER, R.E. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. *U.S. geologic survey, paper*, nº 964, 1976
- BIROT, P. *Les formations végétales du globe*. Paris, Societé d'Édition d'Enseignement Supérieur, 1965.
- BYRNE, G.F.; DABROWSKA-ZIELINSKA, K.; GOODRICK, G.N. Use of visible and thermal satellite data to monitor an intermittently flooding marshland. *Remote Sensing of Environment*, 11(5):393-399. 1981.
- CRUZ, A.A. de la; HACKNEY, C.T. Energy value, elemental composition and productivity of belowground biomass of a *Juncus* tidal marsh. *Ecology*, 58:1165-1170, 1977.
- DUTRA, L.V.; MOREIRA, J.C.; II, F.A.M. *Manual de usuário dos sistemas de tratamento de imagens digitais*. São José dos Campos, INPE, no prelo.
- FORESTI, C. *Estimativas populacionais e de crescimento de áreas urbanas no Estado de São Paulo, com utilização de imagens LANDSAT*. São José dos Campos, INPE, 1978. (INPE-1298-TPT/095).
- GAMMON, P.T.; CARTER, V. Vegetation mapping with seasonal color infrared photographs. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 45(1):87-97 (1979).
- GUERRA, A.T. Contribuição ao estudo da geomorfologia e do quaternário do litoral de Laguna (Santa Catarina). *Revista Brasileira de Geografia*, 12(4):535-564, 1950.
- HOPKINSON, C.S.; GOSSSELINK, J.G. Aboveground production of seven marsh plant species in coastal Louisiana. *Ecology* 59(4):760-769, 1978.

- HOWARTH, R.W. Pyrite: its rapid formation in a salt marsh and its importance in ecosystem metabolism. *Science*, 203(4375): 49-51, 1979.
- HOWLAN, W.G. Multispectral aerial photography for wetland vegetation mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 46(1):87-99, 1980.
- LIETH, H. Primary production of the major vegetation units of the world. In: LIETH, H.; WHITTAKER, R.H., ed. *Primary productivity of the Biosphere*. Berlin, Springer, 1975. p. 203-215.
- LYON, R.P. *Sensoriamento Remoto*. São José dos Campos, 1981. Palestra realizada no INPE em 1981.
- MCCAFFREY, R.J.; THOMSON, J. A record of the accumulation of sediment and trace metals in a Connecticut salt marsh. In: SALTZMAN, B., ed. *Estuarine physics and chemistry: studies in Long Island Sound*. New York, NY., Academic, 1980. p. 165-236.
- NIERO, M. *Utilização de dados orbitais do LANDSAT-1 na classificação de uso do solo urbano de São José dos Campos*. São José dos Campos, INPE, 1977. Trabalho de pesquisa de mestrado.
- NOVO, E.M.L.M. Projeto UTVAP - Análise comparativa entre fotografias aéreas convencionais e imagens do LANDSAT para fins de levantamento do uso da terra. São José dos Campos, INPE, 1979. (INPE-1542-NTE/152).
- ODUM, E.P.; CRUZ, A.A. de la. Particulate organic detritus in a Georgia salt marsh-estuarine ecosystem. In: LAUFF, G.H., ed. *Estuaries*. Washington, DC, American Association for the Advance of Science, 1967. p. 383-388.
- REIMOLD, R.J.; GALLAGHER, J.L.; THOMPSON, D.E. Remote sensing of tidal marsh. *Photogrammetric Engineering*, 39(5):477-488, 1973.
- SEHER, J.S.; TUELLER, P.T. Color aerial photos for marshland. *Photogrammetric Engineering*, 39(5):489-499, 1973.
- SWEET, H.C.; POPPLETON, J.E.; SHUEY, A.G.; PEEPLES, T.O. Vegetation of Central Florida's East Coast: the distribution of six vegetational complexes of Merritt Island and cape Canaveral peninsula. *Remote Sensing of Environment*, 9:93-108, 1980.
- VALERIANO, D. de M.; KUX, H.J.H. *Problemas ambientais da região das lagoas de Santa Catarina com técnicas da FATMA e da prefeitura de Tubarão*. Florianópolis e Tubarão, 1981. Comunicação pessoal, em Ago./Set. 1981.
- VELASCO, F.R.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. *Sistema Maxver; Manual do usuário*. São José dos Campos, INPE, Julho, 1978. (INPE-1315-NTI/110).
- VINOGRADOV, B.V. Remote sensing in ecological botany. *Remote Sensing of Environment*, 6:83-94, 1977.
- WHITE, D.A.; WEISS, T.E.; TRAPANI, J.M.; THIEN, L.B. Productivity and decomposition of the dominant salt marsh plants in Louisiana. *Ecology*, 59(4):751-759, 1978.